

PENGARUH PENGGUNAAN AIR PAYAU TERHADAP KEKUATAN BETON (STUDI KASUS AIR PAYAU DAERAH ROB PANTAI UTARA KOTA SEMARANG)

Edoaldo Ridwan Santoso^{1*}, Kenny Elbert Tanaya², Widija Suseno Widjaja¹ dan Djoko Suwarno³

*1*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang*

e-mail: edoaldo1411@gmail.com

1Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: kennyeultan31@gmail.com

2 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: widija@unika.ac.id

3Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: dj.suwarno@unika.ac.id

ABSTRAK

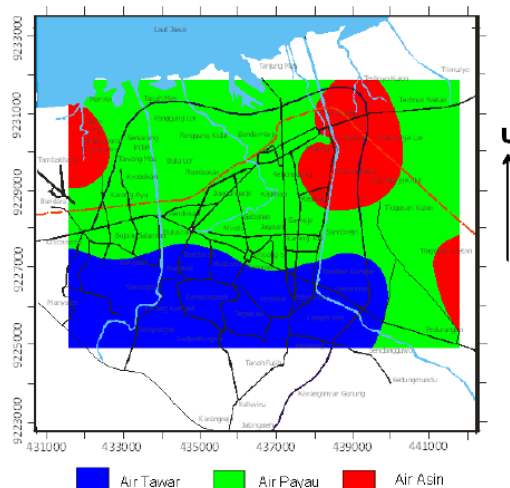
Daerah pesisir pantai Kota Semarang sering mengalami banjir rob, sehingga suplai air bersih menjadi terbatas pada daerah tersebut. Menurut data peta zonasi kualitas fisik air tanah Kota Semarang juga menunjukkan bahwa rata-rata kualitas fisik air tanah di Kota Semarang merupakan air payau. Air payau merupakan pencampuran dari air tawar dengan air laut. Karena terbatasnya air bersih dan ekonomi masyarakat yang kurang membuat pembangunan pada daerah yang sering terjadi rob akan menggunakan air payau untuk pembuatan beton. Selain itu, kondisi bangunan pada daerah rob membuat bangunan sering terendam rob air payau yang dapat merusak bangunan tersebut karena kandungan air payau seperti sulfat, garam, TDS, dan zat organik dapat mempengaruhi kekuatan maupun struktur dari beton dan tulangan pada bangunan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh air payau terhadap kekuatan beton yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur beton yang dipakai untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah adalah 7 hari, 28 hari dan 56 hari. Terdapat 3 jenis sampel beton yang dibuat seperti beton normal dengan perawatan beton menggunakan air bersih, beton normal dengan perawatan beton menggunakan air payau, dan beton air payau dengan perawatan menggunakan rendaman air payau. Hasil penelitian menunjukkan, nilai kekuatan beton air payau lebih rendah dibandingkan dengan beton normal sedangkan nilai kekuatan beton normal dengan perawatan rendaman air payau lebih rendah dibandingkan dengan perawatan menggunakan air. Penurunan kekuatan beton yang terjadi akibat dari kandungan pada air payau yang bereaksi dengan semen sehingga menimbulkan kerusakan beton.

Kata kunci: beton, air payau, kuat tekan, tarik belah,

PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi di Indonesia dipengaruhi oleh perkembangan infrastrukturnya. Seiring berjalannya waktu, pembangunan di kota-kota besar semakin berkembang, dan wilayah pembangunan akan semakin terbatas. Kota Semarang merupakan kota yang mengalami perkembangan pesat, seiring dengan perkembangan itu wilayah pembangunan yang semula berfokus di pusat kota mulai bergeser ke pinggir kota. Salah satunya adalah kawasan Kota Semarang Utara. Semarang Utara adalah kawasan tersebut merupakan kawasan rawan rob, karena berbatasan dengan kawasan pantai utara. Rob atau banjir pasang laut sendiri adalah masuknya air laut ke daratan akibat pasang air laut yang lebih tinggi dibanding elevasi daratan di daerah sekitar. Beton merupakan elemen penting dari suatu proyek pembangunan, karena beton memiliki kekuatan yang baik dan fleksibel untuk dibentuk, dengan harga yang relatif murah. Keunggulan beton yang paling utama adalah kuat tekan yang tinggi, untuk mencapai kuat tekan yang optimal diperlukan beton dengan kualitas yang baik. Kebutuhan beton dalam proyek sangatlah tinggi, maka kebutuhan material

penyusun beton juga sangatlah tinggi. Material penyusun beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air beton akan sangat dibutuhkan dan memiliki kualitas baik untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan optimal. Pada kawasan pantai, kebutuhan akan air bersih juga sangat terbatas, karena intrusi air laut yang mencemari air tanah di kawasan tersebut menjadi payau, terbukti di Indonesia setiap tahun terdapat beberapa wilayah yang mengalami krisis air bersih (Ahmad, 2018). Air bersih yang dimanfaatkan masyarakat daerah rob berasal dari PDAM, karena air tanah pada daerah tersebut adalah air payau yang berasal dari campuran air tanah, air resapan dari hujan, dan air resapan dari rob, sehingga air tanah daerah tersebut sangat jarang digunakan untuk keperluan sehari-hari. Dapat dilihat pada Gambar 1.1 yang merupakan peta zonasi kualitas fisik air tanah di Kota Semarang tahun 2017, dapat dijelaskan bahwa rata-rata kualitas fisik air tanah pada daerah Semarang utara merupakan air payau.



Gambar 1. Peta Zonasi Air Asin Kota Semarang (Sumber: Pryambodo dkk., 2017)

Penelitian ini mengambil studi kasus dari penelitian Dikti mengenai bangunan “OMPALIS” yaitu bangunan rumah panggung hidrolis yang dibuat sebagai solusi untuk masyarakat daerah rawan rob. Penelitian tersebut dilakukan di daerah Kemijen. Tujuan lain dari bangunan OMPALIS ini adalah untuk membantu masyarakat di daerah Kemijen yang rumahnya terendam setiap waktu rob datang. Masyarakat dalam kawasan Kemijen harus meninggikan rumah dengan melakukan pengurangan agar terhindar dari rob. Hal ini sangat memberatkan masyarakat kurang mampu pada daerah Kemijen. Dengan itu, rumah OMPALIS ditujukan untuk membantu masyarakat kurang mampu, agar mereka memiliki rumah yang terhindar dari rob dengan harga pembangunan yang terjangkau serta tidak perlu dilakukan peninggian lantai dasar tiap tahunnya. Studi kasus tersebut menginspirasi penelitian untuk mempertimbangkan air payau pada daerah rob sebagai air dalam campuran beton, selain itu studi ini juga dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air rob terhadap ketahanan beton yang terkena air rob secara terus menerus.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847- 2002), beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Material pembentuk beton ini dicampur merata dengan komposisi tertentu sehingga menghasilkan campuran yang homogen yang dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Untuk mencapai beton dengan nilai kuat tekan tertentu, diperlukan campuran material dengan kriteria tertentu dalam pembuatannya. Kondisi alam di sekitar lokasi juga dapat mempengaruhi kualitas beton. Untuk menciptakan beton dengan kuat tekan optimal, diperlukan syarat dasar dalam uji kualitas material-material penyusunnya, pembuatan campuran dan uji kualitas beton itu sendiri. Pada penelitian Nursandah, dkk., 2022 tentang pengaruh air payau terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan sampel air payau di dua tempat berbeda pada wilayah Jawa Timur, yaitu air payau Kenjeran dan air payau Mangrove, dengan mutu beton rencana $f'c$ 35 MPa. Pengujian kuat tekan betonnya dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari,

21 hari dan 28 hari. Parameter air payau Kenjeran dan air payau Mangrove dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2,

Tabel 1 Parameter Air Payau Kenjeran

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1	pH	-	6,73
2	Suhu	°C	27,5
3	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	15188
4	Zat Organik (KMnO)	mg/L	8,05
5	Sulfat (SO ₄)	mg/L	52,5

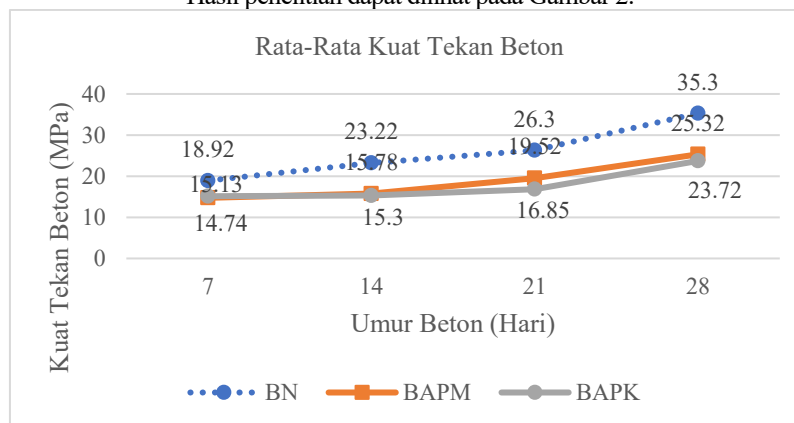
(Sumber: Nursandah dkk., 2022)

Tabel 2 Parameter Air Payau Mangrove

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1	pH	-	6,43
2	Suhu	°C	27,5
3	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	3436
4	Zat Organik (KMnO)	mg/L	6,69
5	Sulfat (SO ₄)	mg/L	62,5

(Sumber: Nursandah dkk., 2022)

Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Penelitian Pengujian Campuran Beton Air Payau Terdahulu
(Sumber: diolah dari data penelitian Nursandah dkk., 2022)

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan campuran beton air payau Kenjeran dan campuran beton air payau Mangrove mengalami kenaikan kuat tekan pada setiap umur, tetapi kuat tekan campuran beton air payau jauh di bawah kuat tekan beton normal. Kandungan kimia pada air payau Kenjeran lebih tinggi daripada air payau Mangrove, hal ini juga menyebabkan kuat tekan campuran beton Kenjeran lebih rendah daripada campuran beton Mangrove.

Material penyusun beton

Semen



Semen merupakan bahan perekat hidrolis yang memberikan perkerasan dalam campuran beton menjadi bentuk yang kaku dan tahan lama. Pada pembuatan beton secara umum menggunakan 2 jenis tipe semen sebagai berikut:

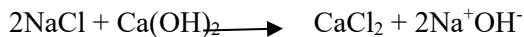
Portland cement (PC) yang didefinisikan menurut SNI 2049-2015 sebagai bahan pengikat hidrolis hasil dari penggilingan terak semen portland yang berupa kalsium silikat dengan bahan tambah kristal senyawa kalsium sulfat. Terdapat beberapa tipe *portland cement* yang dikelompokkan berdasarkan penggunaannya seperti tipe 1 digunakan pada pekerjaan yang tidak perlu persyaratan yang khusus, tipe 2 digunakan pada pekerjaan yang memerlukan ketahanan sulfat, tipe 3 digunakan pada pekerjaan yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan saat pengikatan terjadi, tipe 4 digunakan pada pekerjaan yang memerlukan panas hidrasi rendah, tipe 5 digunakan pada pekerjaan yang memerlukan ketahanan sulfat tinggi.

Portland cement composite (PCC) yang didefinisikan menurut SNI 7064-2014 adalah bahan pengikat hidrolis hasil dari penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan tambah berupa pozolan dan senyawa silikat sebanyak 6%-35% dari massa *portland cement composite*.

Semen PCC dan PC tipe 1 merupakan semen yang sering digunakan pada pekerjaan bangunan secara umum. Semen PC tipe 1 memiliki kuat tekan lebih besar dibanding semen PCC karena komposisi PC di dalam PCC lebih sedikit, bahan tambahan pada semen PCC berupa pozolan yang membuat semen lebih tahan terhadap sulfat dibanding dengan PC tipe 1 serta senyawa silikat yang membuat hidrasi semen PCC lebih rendah dibanding PC tipe 1 sehingga mengurangi terjadinya keretakan betonnya. Selain itu semen PCC juga lebih kedap terhadap air. Pada pengerasan semen terjadi reaksi sebagai berikut (Husin, 2010):



Meningkatnya pembebasan senyawa kapur $Ca(OH)_2$ sangat dipengaruhi oleh kadar molekul C_3 yang terkandung dalam semennya. Molekul semen dapat bereaksi ketika terdapat larutan yang mengandung senyawa SO_4 , senyawa kapur $Ca(OH)_2$ tersebut akan bereaksi menjadi $CaSO_4$ (gips). Gips ini seperti kristal yang berbentuk jarum yang akan mengembang dan mendesak sisi sekitarnya sehingga terjadi pengrusakan yang dapat membuat betonnya rapuh atau retak. Senyawa kapur $Ca(OH)_2$ juga akan bereaksi ketika terkena garam (NaCl) yang dapat dijelaskan sebagai berikut:



Pada saat senyawa kapur $Ca(OH)_2$ bereaksi dengan garam (NaCl) akan menghasilkan kalsium klorida ($CaCl_2$) yang bersifat panas dan dapat mengikat air sehingga dapat menyebabkan porositas beton meningkat, ekspansi dan keretakan. Serta reaksi menghasilkan natrium hidroksida (NaOH) yang bersifat korosif yang dapat menimbulkan korosifitas pada beton sehingga membuat kekuatan beton menurun.

Agregat halus

Agregat halus merupakan bahan campuran beton untuk mengisi rongga dari agregat kasar. Menurut SNI 03- 2834-2000, agregat halus adalah agregat dengan besar butiran maksimum 4,76 mm berasal dari alam agregat halus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan, memiliki partikel butiran yang tajam, keras dan tidak mudah hancur, serta tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Untuk pengujian agregat halus dilakukan beberapa pengujian antara lain,

Pengujian kadar air total agregat dengan pengeringan yang mengacu pada SNI 1971-2011, kadar air agregat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(Wh1 - Wh2)}{Wh2} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan $Wh1$ = berat agregat uji mula-mula (gram) dan $Wh2$ = berat agregat halus setelah pengeringan (gram).

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat yang mengacu pada SNI 1970-2008, perhitungan berat jenis dan penyerapan dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis} = \frac{Wah}{W + Wah - Wth} \quad (2)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(W_{kh} - W_{ah})}{W_{ah}} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan W_{kh} = berat agregat kering oven (gram), W = berat labu ukur berisi air (gram), W_{th} = berat labu ukur berisi agregat halus dan air (gram), dan W_{ah} = berat agregat halus dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Pengujian berat isi agregat yang mengacu pada ASTM C29/C29M. Perhitungan berat isi dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Berat isi} = (G_h - T) V \quad (4)$$

Dengan G_h = berat agregat dan penakar (gram), T = berat penakar (gram), dan V = volume penakar (m^3)

Pengujian kadar lumpur agregat Pengujian ini mengacu pada ASTM C117-95. Perhitungan kadar lumpur dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(W_{h3} - W_{h4})}{W_{h3}} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan W_{h3} = berat agregat halus dalam keadaan kering (gram) dan W_{h4} = berat agregat halus dalam keadaan kering setelah pencucian (gram)

Pengujian gradasi butiran agregat dengan saringan Pengujian ini mengacu pada SNI 03-2834-2000. Batasan gradasi untuk agregat halus dapat diperlihatkan di Tabel 3.

Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar Zona I	Pasir Sedang Zona II	Pasir Agak Halus Zona III	Pasir Halus Zona III
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: BSN,2000)

Agregat kasar

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, agregat kasar adalah kerikil hasil dari batuan yang dipecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Agregat kasar tidak boleh berpori dan harus keras serta tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Untuk pengujian agregat dilakukan beberapa pengujian antara lain:

Pengujian kadar air total agregat dengan pengeringan yang mengacu pada SNI 1971-2011, kadar air agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_{k1} - W_{k2})}{W_{k2}} \times 100\% \quad (6)$$

Dengan W_{k1} = berat agregat kasar mula-mula (gram) dan W_{k2} = berat agregat kasar setelah pengeringan (gram)

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat yang mengacu pada SNI 1969-2008. Perhitungan berat jenis agregat kasar menggunakan dan penyerapan dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Berat jenis} = \frac{W_{kk}}{W_{kk} - W_{tk}} \quad (7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(W_{kk} - W_{ak})}{W_{ak}} \times 100\% \quad (8)$$

Dengan W_{kk} = berat agregat kasar di udara (gram), W_{tk} = berat agregat kasar di dalam air (gram), dan W_{ak} = berat agregat kasar dalam keadaan kering (gram)



Pengujian berat isi agregat yang mengacu pada ASTM C29/C29M. Perhitungan berat isi dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Berat isi} = (G_k - T) V \quad (9)$$

Dengan G_k = berat agregat kasar dan penakar (gram), T = berat penakar (gram), dan V = volume penakar (m^3)

Pengujian kadar lumpur agregat yang mengacu pada ASTM C117-95. Perhitungan kadar lumpur dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(W_{k3} - W_{k4})}{W_{k3}} \times 100\% \quad (10)$$

Dengan W_{k3} = berat agregat kasar dalam keadaan kering (gram) dan W_{k4} = berat agregat kasar dalam keadaan kering setelah pencucian (gram)

Pengujian gradasi butiran agregat dengan saringan Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990, Batas gradasi agregat kasar berdasarkan SNI 03-2834-2000 dapat diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Batas Butiran Maksimal		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
10	10-35	25-55	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

(Sumber: BSN,2000)

Perawatan beton

Perawatan beton menurut SNI 2493-2011, dengan tujuan untuk menjaga beton tidak cepat kehilangan air agar proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan optimal. Perawatan beton membuat beton tidak mengalami nilai susut berlebihan yang mengakibatkan keretakan dan menjaga mutu beton tetap optimal. Perawatan beton pada umumnya dilakukan dengan pembasahan beton untuk menjaga kelembaban beton segar selama beton mencapai umur 28 hari. Proses *curing* dilakukan untuk menurunkan suhu beton segar akibat reaksi dari semen dan air pada campuran beton. Proses *curing* berlangsung selama 5 hari sampai 7 hari awal, karena selama 5 hari sampai 7 hari awal beton akan mencapai suhu yang optimal.

Slump test

Tes *slump* dilakukan pada beton segar sebelum dilakukan pengecoran agar dapat menguji *workability* beton. Menurut SNI 1972-2008, Uji *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan dan kohesif dari beton segar, agar dapat dipastikan kesiapan beton sebelum dicor. Beton yang sudah lulus uji slump, mengurangi resiko terjadinya segregasi dan *bleeding*.

Kuat tekan beton

Berdasarkan SNI 1974-2011, pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk menguji besarnya gaya tekan yang dapat diterima oleh beton. Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan perhitungan kuat tekan beton ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (11)$$

Dengan $f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa), P = Beban tekan (N), dan A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tarik belah beton

Kuat tarik belah beton dapat menjadi acuan awal untuk mengetahui kekuatan lekatan beton, berdasarkan ASTM C496/C496M merupakan salah satu parameter penting dalam perkuatan beton, nilai kuat tarik belah diperoleh dari pengujian tekan dengan membebani benda uji silinder secara lateral. Perhitungan nilai kuat tarik belah menggunakan Persamaan berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (12)$$

Dengan f_{ct} = Nilai kuat tarik belah beton (MPa), P = Beban uji maksimum (Newton), L = Panjang benda uji (mm), dan D = Diameter benda uji (mm)

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Data dan analisis hasil pengujian air payau

Pengujian kualitas air dengan cara mengambil sampel air beberapa liter dari air payau yang berasal dari kolam air pada lokasi OMPALIS di Jl. Margorejo Barat, Kemijen, Kecamatan Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. Pengujian kualitas air payau dilakukan oleh dinas kesehatan dengan hasil pengujian yang dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dari penelitian Nursandah, dkk., 2022 tentang pengaruh air payau terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan sampel air payau di dua tempat berbeda, yaitu air payau daerah Kenjeran dan air payau daerah Mangrove, perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Kualitas Air Payau OMPALIS, Kenjeran, dan Mangrove

No	Parameter Uji	Satuan	OMPALIS	Kenjeran	Mangrove
			Hasil Uji		
1	pH	-	7,48	6,73	6,43
2	Suhu	°C	25	27,5	27,5
3	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	572	15188	3436
4	Zat Organik (KMnO)	mg/L	8,97	8,05	6,69
5	Sulfat (SO ²)	mg/L	80,8	52,5	62,5

Zat padat terlarut (TDS) dianggap baik apabila kurang dari 600 mg/l sedangkan apabila lebih besar dari 1000 mg/l dianggap buruk (WHO, 2017). TDS merupakan zat terlarut yang mengandung mineral, logam, garam, dan kandungan lainnya yang dapat menurunkan daya ikat beton karena dapat bereaksi dengan semen, sehingga apabila dilihat dari parameter uji TDS kualitas air payau OMPALIS jauh lebih baik dibandingkan dengan air payau Kenjeran dan Mangrove. Zat organik yang terkandung pada air dapat mengganggu daya lekat dan menimbulkan rongga pada beton. Sehingga apabila dibandingkan dari parameter zat organiknya, air payau OMPALIS memiliki kualitas air yang lebih buruk dibandingkan dengan air payau Kenjeran dan Mangrove karena memiliki zat organik yang lebih banyak. Kandungan sulfat pada air untuk campuran beton harus lebih kecil dari 1g/L (PUBI-1982), karena sulfat dapat mempengaruhi beton yang akan menimbulkan korosi. Sehingga apabila dibandingkan dari parameter sulfat yang terkandung, air payau OMPALIS memiliki kualitas air yang lebih buruk dibandingkan dengan air payau Kenjeran dan Mangrove karena memiliki kandungan sulfat yang lebih tinggi. Pengujian kadar garam air payau OMPALIS dilakukan menggunakan salinitas refraktometer, hasil dari pengujian kadar garam dapat dilihat pada Tabel 5, pengujian dilakukan pada 3 titik berbeda, pengujian dilakukan 2 kali pada waktu yang berbeda yaitu pada saat pengambilan air untuk perendaman beton dan pengambilan air untuk campuran beton.

Tabel 5 Kadar Garam Air Payau OMPALIS

Keterangan	Kadar Garam (‰)		
	1	2	3
Pengambilan air payau untuk perendaman beton	19	19	19
Pengambilan air payau untuk campuran beton	5	5	5

Berdasarkan Tabel 5 kadar garam pada air payau untuk perendaman beton sebesar 19‰ atau 19 gram/L dan air payau untuk campuran beton sebesar 5‰ atau 5 gram/L. Perbedaan kadar garam pada air payau di daerah OMPALIS bisa terjadi karena faktor hujan daerah tersebut yang cukup berkepanjangan.

Rekapitulasi hasil pengujian bahan

Rekapitulasi hasil pengujian bahan seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dikelompokkan pada satu tabel yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan

Bahan	Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
Semen	Konsistensi normal	28,3	%
	Waktu ikat semen	97	menit
	Waktu pengerasan	135	menit
	Berat isi	1,04	gram/cm ³
Agregat kasar	Kadar air total	0,6	%
	Berat jenis	2,7	gram/cm ³
	Penyerapan agregat	1,62	%
	Berat isi	1,31	gram/cm ³
	Kadar lumpur	0,99	%
	Gradasi butiran	Termasuk dalam kategori butiran maksimal 2 mm	-
Agregat halus	Kadar air total	5,3	%
	Berat jenis	2,44	gram/cm ³
	Penyerapan agregat	2,7	%
	Berat isi	1,43	gram/cm ³
	Kadar lumpur	5,9	%
	Gradasi butiran	Termasuk dalam kategori pasir sedang (zona II)	-
Air	pH	7,48	-
	Suhu	25	°c
	Zat padat terlarut	572	mg/l
	Zat organik	8,97	mg/l
	Sulfat	80,8	mg/l
	Garam	19 dan 5	gram/l

Data dan hasil pengujian beton

Pengujian Beton yang dilakukan meliputi pengujian slump beton, kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Pengujian Slump Beton Pengujian slump beton dilakukan pada 2 benda uji yang berbeda yaitu beton normal dan beton dengan menggunakan air payau, hasil dari nilai slump beton normal sebesar 12 mm sedangkan untuk hasil dari nilai slump beton air payau sebesar 13 mm. Pengujian Kuat Tekan Beton Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari dan 56 hari dengan 3 jenis sampel beton yang berbeda.

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 7 Hari

Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tekan (f_c')	Kuat tekan rata-rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	17671	340	19,24	18,86	227,26
	17671	320	18,10		
	17671	340	19,24		
Beton direndam air payau	17671	320	18,10	17,354	209,08
	17671	300	16,97		
	17671	300	16,97		
Beton air payau direndam air payau	17671	300	16,97	15,468	186,36
	17671	260	14,71		
	17671	260	14,71		

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

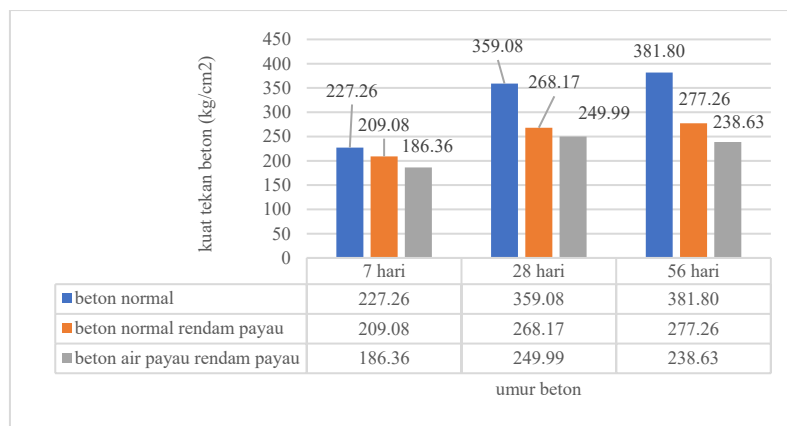
Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tekan (f_c')	Kuat tekan rata-rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	17671	560	31,68	29,803	359,08
	17671	460	26,03		
	17671	560	31,68		
Beton direndam air payau	17671	480	27,16	22,258	268,17
	17671	340	19,24		
	17671	360	20,37		
Beton air payau direndam air payau	17671	380	21,50	21,314	249,99
	17671	340	20,93		
	17671	380	21,50		

Tabel 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 56 Hari

Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tekan (f_c')	Kuat tekan rata-rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	17671	540	30,55	31,69	381,8

Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tekan (f_c')	Kuat tekan rata-rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
	17671	560	31,68		
	17671	580	32,82		
Beton direndam air payau	17671	440	24,89	23,013	277,26
	17671	440	24,89		
	17671	340	19,24		
Beton air payau direndam air payau	17671	340	19,24	19,806	238,63
	17671	370	20,937		
	17671	340	19,24		

Berdasarkan hasil uji kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 3, beton normal yang direndam air payau lebih dari 28 hari masih mengalami peningkatan kuat tekan karena penggunaan semen PCC pada beton yang membuat beton lebih kedap terhadap air, sehingga PCC mampu mengurangi pengaruh air payau secara langsung terhadap kuat tekan beton, sedangkan beton yang menggunakan air payau sebagai campuran mengalami penurunan kuat tekan akibat dari kandungan air payau yang berpengaruh langsung terhadap beton di dalam beton sehingga membuat daya ikat beton menurun.



Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengaruh air payau OMPALIS yang digunakan sebagai pengganti air bersih pada beton dapat dihitung sebagai berikut,

$$\text{Persen perbandingan kuat tekan beton} = \frac{\text{beton normal rendam air payau} - \text{beton air payau direndam air payau}}{\text{beton normal rendam air payau}} \times 100\%$$

$$\text{Umur beton 7 hari persen perbandingan kuat tekan} = \frac{209,08 - 186,36}{209,08} \times 100\% = 10,87\%$$

$$\text{Umur beton 28 hari persen perbandingan kuat tekan} = \frac{268,17 - 249,99}{268,17} \times 100\% = 6,78\%$$

$$\text{Umur beton 56 hari persen perbandingan kuat tekan} = \frac{277,26 - 238,63}{377,36} \times 100\% = 13,93\%$$

Pengaruh penggunaan air payau OMPALIS sebagai media perendaman beton selama masa umur beton dapat dihitung sebagai berikut,

$$\text{Persen perbandingan kuat tekan} = \frac{\text{beton normal} - \text{beton normal direndam air payau}}{\text{beton normal}} \times 100\%$$

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Umur beton 7 hari persen perbandingan kuat tekan = $\frac{227,26-209,08}{227,26} \times 100\% = 8\%$

Umur beton 28 hari persen perbandingan kuat tekan = $\frac{359,08-268,17}{359,08} \times 100\% = 25,32\%$

Umur beton 56 hari persen perbandingan kuat tekan = $\frac{381,8-277,26}{381,8} \times 100\% = 27,38\%$

Pengujian tarik belah beton dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari dan 56 hari dengan 3 jenis sampel beton yang berbeda.

Tabel 10 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 7

Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tarik Belah (f_{ct})	Kuat Tarik Belah Rata-Rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	141372	100	1,415	1,249	15,056
	141372	80	1,132		
	141372	85	1,202		
Beton direndam air payau	141372	85	1,202	1,061	12,783
	141372	80	1,132		
	141372	60	0,848		
Beton air payau direndam air payau	141372	80	1,132	0,848	10,227
	141372	60	0,849		
	141372	40	0,566		

Tabel 11 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 28 Hari

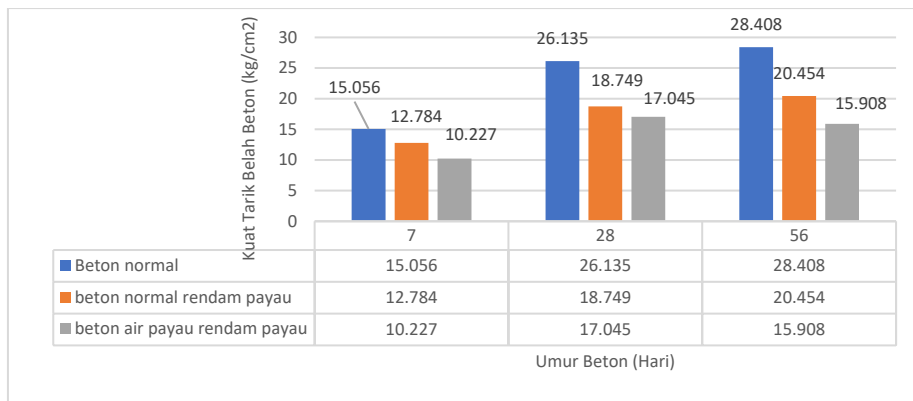
Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tarik Belah (f_{ct})	Kuat Tarik Belah Rata-Rata	
	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	141372	140	1,981	2,169	26,14
	141372	120	1,698		
	141372	200	2,829		
Beton direndam air payau	141372	80	1,132	1,556	18,749
	141372	130	1,839		
	141372	120	1,697		
Beton air payau direndam air payau	141372	120	1,698	1,415	17,0447
	141372	80	1,132		
	141372	100	1,415		

Tabel 12 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 56 Hari

Jenis Beton	Luas (A)	Gaya Tekan (P)	Kuat Tarik Belah (f_{ct})	Kuat Tarik Belah Rata-Rata
-------------	----------	----------------	-------------------------------	----------------------------

	mm ²	kN	MPa	MPa	Kg/cm ²
Beton normal	141372	180	2,546	2,357	28,407
	141372	120	1,697		
	141372	200	2,829		
Beton direndam air payau	141372	120	1,697	1,697	20,454
	141372	100	1,415		
	141372	140	1,981		
Beton air payau direndam air payau	141372	100	1,414	1,3204	15,908
	141372	100	1,415		
	141372	80	1,131		

Berdasarkan hasil uji kuat tarik belah yang dapat dilihat pada Gambar 4, beton normal yang direndam air payau lebih dari 28 hari masih mengalami peningkatan kuat tarik belah karena penggunaan semen PCC pada beton yang membuat beton lebih kedap terhadap air, sehingga PCC mampu mengurangi pengaruh air payau secara langsung terhadap kuat tarik belah beton, sedangkan beton yang menggunakan air payau sebagai campuran mengalami penurunan kuat tarik belah akibat dari kandungan air payau yang berpengaruh langsung terhadap semen di dalam beton sehingga membuat daya ikat beton menurun.



Gambar 4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengaruh air payau OMPALIS yang digunakan sebagai pengganti air bersih pada beton dapat dihitung sebagai berikut,

$$\text{Persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{\text{beton normal rendam air payau} - \text{beton air payau direndam air payau}}{\text{beton normal rendam air payau}} \times 100\%$$

$$\text{Umur beton 7 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{12,784 - 10,227}{12,784} \times 100\% = 20\%$$

$$\text{Umur beton 28 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{18,749 - 17,045}{18,749} \times 100\% = 9,06\%$$

$$\text{Umur beton 56 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{20,454 - 15,908}{20,454} \times 100\% = 22,22\%$$

Pengaruh penggunaan air payau OMPALIS sebagai media perendaman beton selama masa umur beton dapat dihitung sebagai berikut,

$$\text{Persen perbandingan kuat tarik belah beton} = \frac{\text{beton normal} - \text{beton normal direndam air payau}}{\text{beton normal}} \times 100\%$$

$$\text{Umur beton 7 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{15,056 - 12,784}{15,056} \times 100\% = 15\%$$

$$\text{Umur beton 28 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{26,135 - 18,749}{26,135} \times 100\% = 28,26\%$$

$$\text{Umur beton 56 hari persen perbandingan kuat tarik belah} = \frac{28,408 - 20,454}{28,408} \times 100\% = 10,39\%$$

Pembahasan hasil pengujian kekuatan beton

Pengaruh air payau pada beton terjadi karena kandungan air payau seperti sulfat dan garam yang dapat bereaksi dengan semen membentuk kristal yang dapat mengembang sehingga membuat semen tidak dapat bereaksi secara maksimal yang dapat membuat beton menjadi rapuh, serta zat padat terlarut pada air yang dapat bereaksi dengan material penyusun beton. Untuk sulfat sendiri dapat menyebabkan korosi pada beton, sedangkan zat padat terlarut (TDS) dan zat organik yang dapat mengganggu daya lekat pada agregat penyusun beton sehingga dapat menimbulkan rongga pada beton. Maka dari itu hasil uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang terpengaruh air payau lebih rendah dibandingkan dengan beton normal. Meninjau dari Tabel 4, apabila dibandingkan dari parameter kandungan air payau OMPALIS memiliki kadar TDS (572 mg/l) jauh lebih rendah dibanding air payau Kenjeran (15188 mg/l) dan Mangrove (3436 mg/l), sedangkan kadar sulfat yang terkandung dalam air payau OMPALIS (8,97 mg/l) lebih tinggi dibanding dengan air payau Kenjeran (8,05 mg/l) dan Mangrove (6,69 mg/l), dan zat organik yang terkandung dalam air payau OMPALIS (80,8 mg/l) juga lebih tinggi dibanding dengan air payau Kenjeran (52,5 mg/l) dan Mangrove (62,5 mg/l). Karena perbedaan kandungan air payau ini khususnya pada perbedaan TDS yang sangat jauh membuat kualitas air payau pada OMPALIS lebih baik dibandingkan dengan daerah Kenjeran dan Mangrove yang dapat dibuktikan juga dari hasil uji kuat tekan yang dihasilkan pada penggunaan air payau sebagai campuran beton menghasilkan persen penurunan kuat tekan air payau OMPALIS lebih rendah dibandingkan Kenjeran dan Mangrove yang dapat diperlihatkan pada Tabel 13. Persen penurunan dihitung berdasarkan hasil kuat tekan beton yang menggunakan air normal sebagai campuran beton dengan beton yang menggunakan air payau sebagai campuran beton dengan menggunakan media perendaman yang sama.

Tabel 13 Perbandingan Kuat Tekan Beton Air Payau OMPALIS, Mangrove dan Kenjeran

Jenis Beton	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (MPa)		
		OMPALIS	Kenjeran	Mangrove
Beton Normal	28	22,25	35,3	35,3
Beton Air Payau	28	21,31	23,72	25,32
Persen Penurunan		6,78%	32,8%	28,27%

KESIMPULAN

Kuat tekan rata-rata beton normal yang direndam air PDAM dan dites pada umur 7 hari sebesar 18,86 MPa dengan tarik belah rata-rata 1,249 MPa, sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 29,803 MPa dan tarik belah rata-rata 2,169 MPa. Selanjutnya pada umur 56 hari kuat tekan rata-rata sebesar 31,69 MPa dan kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,357 MPa.

Kuat tekan rata-rata beton normal yang direndam air payau dan dites pada umur 7 hari sebesar 17,354 MPa dengan tarik belah rata-rata 1,061 MPa, sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 22,258 MPa dan tarik belah rata-rata 1,556 MPa. Selanjutnya pada umur 56 hari kuat tekan rata-rata sebesar 23,013 MPa dan kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,697 MPa. Kekuatan beton pada umur lebih dari 28 hari masih mengalami peningkatan kekuatan karena penggunaan semen PCC pada beton yang membuat beton lebih kedap terhadap air sehingga dapat mengurangi pengaruh air payau ke dalam beton.



Kuat tekan rata-rata beton air payau yang direndam air payau dan dites pada umur 7 hari sebesar 15,468 MPa dengan tarik belah rata-rata 0,848 MPa, sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 21,314 MPa dan tarik belah rata-rata 1,415 MPa. Selanjutnya pada umur 56 hari kuat tekan rata-rata sebesar 19,806 MPa dan kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,320 MPa. Kekuatan beton pada umur lebih dari 28 hari mengalami penurunan kekuatan akibat dari kandungan air payau yang berpengaruh langsung terhadap semen di dalam beton sehingga membuat daya ikat beton menurun

Nilai kekuatan beton normal perendaman dengan air payau lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kekuatan beton normal, pada kuat tekan umur 7 hari lebih rendah 8%, umur 28 hari lebih rendah 25,32%, dan umur 56 hari lebih rendah 27,38%. Sedangkan pada kuat tarik belah umur 7 hari lebih rendah 15%, umur 28 hari lebih rendah 28,26%, dan umur 56 hari lebih rendah 10,39%. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari kandungan garam dan sulfat pada air payau yang bereaksi dengan beton selama perendaman, sehingga dapat disimpulkan bahwa perendaman menggunakan air payau yang menggambarkan lingkungan pada daerah rob dapat mempengaruhi kekuatan atau mutu dari beton.

Air payau yang digunakan sebagai pengganti air bersih pada campuran beton dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Pada kuat tekan umur 7 hari lebih rendah 10,87%, umur 28 hari lebih rendah 6,78%, dan umur 56 hari lebih rendah 13,93%. Sedangkan pada kuat tarik belah umur 7 hari lebih rendah 20%, umur 28 hari lebih rendah 9,06%, dan umur 56 hari lebih rendah 22,22%. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari kandungan zat organik dan TDS yang dapat mengganggu daya ikat antar agregat sehingga dapat menimbulkan rongga pada agregat, serta kandungan garam dan sulfat pada air payau bereaksi dengan semen yang dapat menimbulkan keretakan pada beton, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas air yang digunakan pada beton dapat mempengaruhi kekuatan atau mutu dari beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. B. (2018): Investigasi pengaruh air laut sebagai air pencampuran dan perawatan terhadap sifat beton, *Jurnal INTEK*, 5 (1), 48-52.
- American Standard Test Method. (1995): ASTM C117-95 Standard test method for materials finer than 75 mm. Amerika Serikat, 1-3.
- American Standard Test Method. (1997): ASTM C29/C29M-97 Standard test method for bulk density and voids in aggregate, Amerika Serikat, 1-4.
- American Standard Test Method. (2011): ASTM C496/C496M-11 Standard test method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens I, Amerika Serikat, 1-4.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990): Metode pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar SNI 03-1968-1990, Jakarta, 2-3.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000): Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03-2834-2000, Jakarta, 2-12.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002): Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002, Jakarta, 2-12.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008A): Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar SNI 1969-2008, Jakarta, 2-7.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008B): Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus SNI 1970-2008, Jakarta, 2-7.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008C): Metode pengujian slump beton SNI 1972-2008, Jakarta, 2-5.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011A): Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium SNI 2493-2011, Jakarta, 2-15.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011B): Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder SNI 1974-2011, Jakarta, 8.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011C): Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan SNI 1971-2011, Jakarta, 3-4.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014): Semen portland komposit SNI 7064-2014, Jakarta, 1-3.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

- Badan Standarisasi Nasional. (2015): Semen portland SNI 2049-2015, Jakarta, 89-93.
- Cashiro, L. (2013): Pengaruh air rob terhadap kualitas air sumur di daerah pesisir Kota Semarang, Skripsi Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang, 35-57.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1982): Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia PUBI-1982, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 19-20.
- Egaputra, A. A., Ismunarti, D. H., dan Pranowo, W. S. (2022): Inventarisasi kejadian banjir rob Kota Semarang periode 2012-2020, Indonesia Journal of Oceanography, ISSN 2714-8726, 4(2), 29-40.
- Farizal, T., Yusra, A., dan Satria A. (2021): Pengecoran beton dalam air payau menggunakan admixture terhadap kuat tarik belah, Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar, ISSN 2477-5258, 7(2), 124-135.
- Husain, A. A. (2010): Penelitian pengaruh larutan garam sulfat terhadap kualitas beton ringan, Jurnal Permukiman, ISSN 1907-4352, 5(2), 79.
- Kosmatka, S. H. dan Wilson, M. L. (2011): Design and control of concrete mixtures 15th, Portland Cement Association, 95-110.
- Listiati, E. E., Susanti, T., Mulyani, T. H., dan Widjaja, W. S. (2018): Model desain rumah yang adaptif terhadap ROB di Kelurahan Kemijen Semarang, Universitas Katolik Soegijapranata, 2-20.
- Mulyono, S. B. dan Prayitno, N. (2015): Studi pengaruh penggunaan air payau dalam mix design beton untuk pembuatan konstruksi dermaga akibat rendaman air laut, Jurnal Konstruksia, p-ISSN 2086-7352, 7 (1), 67-75.
- Mulyono, T. (2017): Pengujian bahan semen seri 1: uji laboratorium bahan beton dan beton, Universitas Negeri Jakarta, 10-11
- Nursandah, A., Rifaldi, M., dan Farichah, H. (2022): Pengaruh air payau terhadap kuat tekan beton, Jurnal Universitas Muhammadiyah Surabaya, ISSN 2541-0318, 7(1), 621-629.
- Pengaruh Durasi Curing Terhadap Perkuatan Beton diperoleh dari situs internet:
<https://theconstructor.org/concrete/factors-affecting-strength-of-concrete/6220> Diunduh pada tanggal 18 November 2022, pukul 08.40 WIB.
- Pryambodo, D.G., Prihantono, J., dan Supriyadi. (2017): Zonasi intrusi air asin dengan kualitas fisik air tanah di Kota Semarang, Jurnal Kelautan Nasional, e-ISSN 2615-4579, 11(2), 89-95.
- Sutiansyah, A. (2020): Pengaruh temperatur air terhadap kuat tekan beton yang menggunakan air payau sebagai pereaksi semen, Skripsi Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bangka Belitung, 94-98.
- Wedhanto, S. (2017): Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di Kota Malang, Jurnal Bangunan, 22(2), 21-30.